

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



# 7 / Priority  
Paper

4-4-03

Hayes

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

**Aktenzeichen:** 101 08 993.7

**Anmeldetag:** 23. Februar 2001

**Anmelder/Inhaber:** Endress + Hauser GmbH + Co KG,  
Maulburg/DE  
(vormals: Endress + Hauser GmbH + Co)

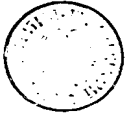
**Bezeichnung:** Vorrichtung zur Bestimmung des Füll-  
standes eines Füllguts in einem Behälter

**IPC:** G 01 F 23/284

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. November 2002  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Weihmayr



## Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter.

In der Füllstandsmeßtechnik werden neben Horn-, Stab- und Parabolantennen auch Planarantennen eingesetzt. Ausgestaltungen von Planarantennen ist beispielsweise in dem Buch 'Einführung in die Theorie und Technik planarer Mikrowellenantennen in Mikrostreifenleitungstechnik', Gregor Gronau, Verlagsbuchhandlung Nellissen-Wolff oder in dem Zeitschriftenartikel 'Impedance of a radiating slot in the ground plane of a microstrip line', IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-30, 922 – 926, Mai 1982 beschrieben.

Eine Planarantenne besteht üblicherweise aus einem dielektrischen Substrat, auf dessen einer Seite die Antennenstruktur und auf dessen anderer Seite eine leitfähige Beschichtung vorgesehen ist. Eine unsymmetrische Streifenleitung ist die Basis der am weitesten verbreiteten planaren Antennenstruktur.

Desweiteren besteht üblicherweise die Möglichkeit in der leitfähigen Schicht Ausnehmungen vorzunehmen, wobei dann auf der anderen Seite des dielektrischen Substrates Versorgungsleitungen zu den Ausnehmungen vorzunehmen sind. Diese Ausnehmungen sind z. B. derart ausgestaltet und angeordnet, daß die Antenne bevorzugt nur elektromagnetische Wellen eines gewünschten Modes abstrahlt. Eine Planarantenne für den Einsatz in einer explosiven Umgebung ist aus der nicht vorveröffentlichten EP 99 11 7604.1 (Veröffentlichung erfolgt am 14.03.01 unter der Nr. EP 1 083 413 A1) bekannt geworden. Diese bekannte Lösung kann selbstverständlich auch in Kombination mit der in der vorliegenden Anmeldung beschriebenen Erfindung zum Einsatz kommen. Diese bekannte Lösung ist daher ausdrücklich dem Offenbarungsgehalt der vorliegenden Anmeldung zuzurechnen.

Als Meßsignale werden üblicherweise (Gauß-förmige) delta-förmige Impulse oder aber frequenzmodulierte kontinuierliche Signale benutzt. Beide Arten von Meßsignalen sind relativ breitbandig. Beispielsweise haben die impulsförmigen Meßsignale eine Bandbreite von einigen hundert Megahertz. Die bekannt gewordenen Planarantennen sind jedoch nur in der Lage, die Meßsignale in einem quasi punktförmigen Frequenzbereich bei der Resonanzfrequenz nahezu ungedämpft abzustrahlen. Wie aus der Fig. 2 zu sehen ist, erfahren alle Frequenzanteile der Meßsignale, die außerhalb der sog. Resonanzfrequenz der Ausnehmungen liegen, mehr oder minder reflektiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Antenne derart zu optimieren, daß Meßsignale möglichst breitbandig abgestrahlt werden.

Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gelöst, die die folgenden Merkmale aufweist: eine Signalerzeugungseinheit, die Meßsignale erzeugt, eine Einkoppeleinheit und eine Antenne, wobei die Einkoppeleinheit die Meßsignale auf die Antenne einkoppelt und wobei die Antenne die Meßsignale in Richtung der Oberfläche des Füllguts aussendet, und eine Empfangs-/Auswerteschaltung, welche die an der Oberfläche des Füllguts reflektierten Meßsignale empfängt und über die Laufzeit der Meßsignale den Füllstand in dem Behälter bestimmt. Die Antenne weist zumindest eine erste dielektrische Schicht auf, wobei die vom Füllgut abgewandte Seite der dielektrischen Schicht eine Speisestruktur trägt und wobei die dem Füllgut zugewandte Seite der dielektrischen Schicht mehrere Ausnehmungen aufweist, die zumindest teilweise unterschiedliche Abmessungen und/oder Formen besitzen.

Die Erfindung geht aus von der physikalischen Tatsache, daß die Resonanzfrequenz der Ausnehmungen, also die Frequenz, bei der ein Meßsignal im wesentlichen unge-dämpft abgestrahlt wird, abhängig ist von den jeweiligen Abmessungen der Ausnehmungen. Im Falle eines rechteckförmigen Schlitzes bedeutet dies, daß die Resonanzfrequenz abhängig ist von der Länge und Breite des Schlitzes.

Erfindungsgemäß weisen die Ausnehmungen nun variable Abmessungen auf und sind insbesondere derart ausgestaltet, daß die zugehörigen Resonanzfrequenzen einen gewünschten Frequenzbereich vollständig

abdecken. Hierdurch wird erreicht, daß das komplette Frequenzspektrum eines Breitbandsignals nahezu ungehindert in Richtung auf das Füllgut abgestrahlt werden können.

- 5 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, daß es sich bei den Ausnehmungen um schlitzförmige Aussparungen handelt, wobei die Längsachsen der Schlitze im wesentlichen radial ausgerichtet sind.
- 10 Durch die nachfolgend genannten vorteilhaften Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung läßt sich die Abstrahlcharakteristik der Antenne weiter verbessern: So ist vorgesehen, daß eine Gruppe von Ausnehmungen bzw. von Schlitzen im wesentlichen äquidistant in einem ersten Abstand  $r_1$  von dem Symmetriezentrum der dielektrischen Schicht
- 15 angeordnet ist; eine zweite Gruppe von Ausnehmungen bzw. Schlitzen ist im wesentlichen äquidistant in einem zweiten Abstand  $r_2$  von dem Symmetriezentrum der dielektrischen Schicht angeordnet ist.
- Bevorzugt sind die Ausnehmungen bzw. die Schlitze der zumindest einen weiteren Gruppe auf Lücke zu den Ausnehmungen bzw. Schlitzen der ersten
- 20 Gruppe angeordnet sind.
- Darüber hinaus hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn es sich bei den Ausnehmungen um rechteckförmige Schlitze bzw. Aussparungen handelt und wenn die Abmessungen der Schlitze im Bereich von  $0.8 \times a$  bis  $1.2 \times a$  bzw.
- 25  $0.8 \times b$  bis  $1.2 \times b$  variieren; hierbei charakterisiert  $a$  die Länge und  $b$  die Breite eines Schlitzes.
- Um zu verhindern, daß sich Ablagerungen an der dem Füllgut zugewandten Seite der dielektrischen Schicht bilden, ist gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine dielektrische Schutzschicht
- 30 vorgesehen, die mit der dielektrischen Schicht auf der Seite verbunden ist, auf der die Ausnehmungen bzw. die Schlitze angeordnet sind.
- Bevorzugt werden sowohl die (Speisestruktur =) Antennenstruktur und die Ausnehmungen über einen Ätzprozeß auf die dielektrische Schicht
- 35 aufgebracht sind. Beispielsweise tragen beide Seiten der dielektrischen Schicht eine Kupferbeschichtung. Eine Seite der dielektrischen Schicht wird

nun so behandelt, daß auf ihr die gewünschte Speisestruktur verbleibt; auf der zweiten Seite werden die Ausnehmungen mit den gewünschten Abmessungen herausgeätzt. Die korrekte Lage von der Speisestruktur relativ zu den Ausnehmungen wird über Registermarken sichergestellt.

5

Bevorzugt weist die Planarantenne einen kreisförmigen Querschnitt auf. Sie läßt sich dann relativ mühelos in dem Stutzen eines Behälters, der üblicherweise ebenfalls einen kreisförmigen Querschnitt aufweist, montieren. Daher handelt es sich bevorzugt bei der ersten dielektrischen Schicht und/oder bei der zumindest einen weiteren dielektrischen Schicht um eine kreisförmige Scheibe bzw. um kreisförmige Scheiben.

10

Wie bereits an vorhergehender Stelle erwähnt, ist die Antenne bevorzugt für die Abstrahlung relativ breitbandiger Meßsignale geeignet.

15

Bevorzugt wirken die Antennenstruktur und die Ausnehmungen bzw. die Schlitze so miteinander zusammen, daß die Antenne im wesentlichen Meßsignale eines ausgewählten Modes aussendet. Bei der Abstrahlung von monomodigen Meßsignalen tritt bei geführter Abstrahlung der Meßsignale nahezu keinerlei Dispersion auf. Die Echosignale, die den Anteil der Meßsignale widerspiegeln, der an der Oberfläche des Füllguts reflektiert wird, werden dann durch einen definierten Peak charakterisiert, welcher mit großer Genauigkeit dem entsprechenden Füllstand zuzuordnen ist.

20

25

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

30

Fig. 1: eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2: den Graphen der Reflexionsdämpfung einer Planarantenne in Abhängigkeit von der Frequenz bei Ausnehmungen gleicher Abmessungen (Stand der Technik),

35

Fig. 3: eine Draufsicht auf die Speisestruktur gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 4: eine Draufsicht auf die Ausnehmungen gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

5 Fig. 5: eine Darstellung der dielektrischen Schicht, die die in Fig. 3 und Fig. 4 gezeigten Strukturen trägt, und

10 Fig. 6: einen Graphen, der die Reflexionsdämpfung eines Meßsignals in Abhängigkeit von der Frequenz bei der erfindungsgemäßen Planarantenne darstellt.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Die Antenne 1 zur Bestimmung des Füllstands F des Füllguts 3, das sich in dem Behälter 2 befindet, ist in einer Öffnung 5 im Deckel 4 des Behälters 2 montiert. Die Antenne 1 ist so in der Öffnung 5 angeordnet, daß die Meßsignale, die in der Signalerzeugungseinheit 6 erzeugt werden, im wesentlichen senkrecht auf die Oberfläche 9 des Füllguts 3 auftreffen. Die an der Oberfläche 9 reflektierten Meßsignale werden von der Antenne 9 empfangen und von dort zu der Empfangs-/Auswerteschaltung 7 weitergeleitet. Die Empfangs-/Auswerteschaltung 7 ermittelt anhand der Laufzeit der Meßsignale den Füllstand F des Füllguts 3 in dem Behälter 2. Der prinzipielle Aufbau eines entsprechenden Mikrowellenmeßgerätes ist aus dem Stand der Technik bekannt. Entsprechende Geräte werden von der Anmelderin unter der Bezeichnung Micropilot angeboten und vertrieben.

Fig. 2 bezieht sich auf die Reflexionsdämpfung einer bekannten Planarantenne. Verwiesen wird in diesem Zusammenhang wiederum auf die bereits zitierte EP 99 11 7604.1. Wie sich anhand der Resonanzkurve unschwer erkennen läßt, erreicht die Amplitude A bei der Resonanzfrequenz  $f_r$  ein Minimum – hier ist die Reflexion des Meßsignals also minimal. Bei allen übrigen Frequenzen treten mehr oder minder starke Reflexionen auf, was bedeutet, daß die entsprechenden Frequenzanteile eine Reflexion erfahren. Dies wirkt sich bei breitbandigen Meßsignalen natürlich äußerst nachteilig aus, da nur noch ein Bruchteil des Frequenzspektrums überhaupt abgestrahlt wird und somit die Oberfläche 9 des Füllguts 3 erreichen kann.

Fig. 3 zeigt die Antennenstruktur 11, die gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung eingesetzt wird. Die Antennenstruktur 11 ist in hohem Maße symmetrisch aufgebaut. Im Bereich des Symmetriezentrums 13 ist die Kontaktierung 16 für die Verbindung zur Einkoppeleinheit 18 vorgesehen. Nähere Angaben hierzu finden sich in der bereits mehrfach zitierten EP 99 11 7604.1.

In Fig. 4 sind die Anordnung und die unterschiedlichen Abmessungen der Ausnehmungen 12 dargestellt. Die Ausnehmungen 12, die bevorzugt aus einer leitfähigen Schicht 15 herausgeätzt wurden, haben keine einheitlichen Abmessungen, sondern unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Breite  $b$  und Länge  $a$ . Im gezeigten Fall sind die Ausnehmungen 12 in zwei Gruppen angeordnet: eine erste Gruppe hat einen Abstand  $r_1$  vom Symmetriezentrum 13, während die zweite Gruppe von Ausnehmungen einen Abstand  $r_2$  vom Symmetriezentrum 13 aufweist.

Fig. 5 zeigt eine Darstellung der dielektrischen Schicht 10 gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Auf der Seite der dielektrischen Schicht 10, die vom Füllgut 3 abgewandt ist, ist die Speisestruktur 11 aufgebracht; auf der Seite der dielektrischen Schicht 10, die dem Füllgut 3 zugewandt ist, sind die Ausnehmungen 12 vorgesehen. Die korrekte Lage der Antennenstruktur 11 relativ zu den Ausnehmungen 12 ist durch die Registermarken 17 gewährleistet, die zu beiden Seiten der dielektrischen Schicht 10 vorgesehen sind.

Fig. 6 zeigt schematisch den Graphen, der den Betrag der Reflexionsdämpfung der Planarantenne in Abhängigkeit von der Frequenz  $f$  entsprechend der erfindungsgemäßen Lösung darstellt. Aufgrund der Abhängigkeit der Resonanzfrequenz  $f_r$  von den Abmessungen der Ausnehmungen 12, hier also von der Länge  $a$  und der Breite  $b$  der Schlitze, treten eine Vielzahl  $n$  von Resonanzfrequenzen  $f_{rn}$  auf, die relativ dicht zusammenliegen. In Zusammenschau läßt sich so ein Frequenzband erzeugen, in dem die Meßsignale nahezu ungedämpft über die erfindungsgemäße Antenne 1 abgestrahlt werden.

**Bezugszeichenliste**

	1	Planarantenne
5	2	Behälter
	3	Füllgut
	4	Deckel
	5	Öffnung
	6	Signalerzeugungseinheit
10	7	Empfangs-/Auswerteschaltung
	8	Sende-/Empfangsweiche
	9	Oberfläche
	10	dielektrische Schicht
	11	Antennenstruktur / Speisestruktur
15	12	Ausnehmung
	13	Symmetriezentrum
	14	dielektrische Schutzschicht
	15	leitfähige Beschichtung
	16	Kontaktierung
20	17	Registermarke
	18	Einkoppeleinheit



**Patentansprüche**

5

1. Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes (F) eines Füllguts (3) in einem Behälter (2) mit einer Signalerzeugungseinheit (6), die Meßsignale erzeugt, mit einer Einkoppeleinheit (18) und mit einer Antenne (1), wobei die  
10 Einkoppeleinheit (18) die Meßsignale auf die Antenne (1) einkoppelt und wobei die Antenne (1) die Meßsignale in Richtung der Oberfläche (9) des Füllguts (3) aussendet, und mit einer Empfangs-/Auswerteschaltung (7), welche die an der Oberfläche (9) des Füllguts (3) reflektierten Meßsignale empfängt und über die Laufzeit der Meßsignale den Füllstand (F) in dem  
15 Behälter (2) bestimmt, wobei die Antenne (1) zumindest eine erste dielektrische Schicht (10) aufweist, wobei die vom Füllgut (3) abgewandte Seite der dielektrischen Schicht (10) eine Speisestruktur (11) trägt und  
20 wobei die dem Füllgut (3) zugewandte Seite der dielektrischen Schicht (10) mehrere Ausnehmungen (12) aufweist, die zumindest teilweise unterschiedliche Dimensionierungen und/oder Formen besitzen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
25 wobei es sich bei den Ausnehmungen (12) um schlitzförmige Aussparungen handelt und wobei die Längsachsen der Schlitzte im wesentlichen radial ausgerichtet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
30 wobei eine Gruppe von Ausnehmungen bzw. von Schlitzten näherungsweise äquidistant in einem ersten Abstand ( $r_1$ ) von dem Symmetriezentrum (13) der dielektrischen Schicht (10) angeordnet ist, und wobei zumindest eine weitere Gruppe von Ausnehmungen (12) bzw. Schlitzten näherungsweise äquidistant in einem zweiten Abstand ( $r_2$ ) von dem  
35 Symmetriezentrum (13) der dielektrischen Schicht (10) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3,  
wobei die Ausnehmungen (12) bzw. die Schlitzte der zumindest einen weiteren  
Gruppe auf Lücke zu den Ausnehmungen (12) bzw. Schlitzten der ersten  
Gruppe angeordnet sind.

5

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,  
wobei es sich bei den Ausnehmungen (12) um rechteckförmige Schlitzte  
handelt und

10

wobei die Abmessungen der Schlitzte im Bereich von  $0.8 \times a$  bis  $1.2 \times a$  bzw.  
 $0.8 \times b$  bis  $1.2 \times b$  variieren, wenn  $a$  die Länge und  $b$  die Breite eines Schlitzes  
charakterisiert.

15

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei eine dielektrische Schutzschicht (14) vorgesehen ist, die mit der  
dielektrischen Schicht (10) auf der Seite verbunden ist, auf der die  
Ausnehmungen (12) bzw. die Schlitzte angeordnet sind.

20

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,  
wobei die Speisestruktur (11) und die Ausnehmungen (12) über einen  
Ätzprozeß auf die dielektrische Schicht (10) aufgebracht sind.

25

8. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 6,  
wobei es sich bei der ersten dielektrischen Schicht (10) und/oder bei der  
zumindest einen weiteren dielektrischen Schicht (14) um eine kreisförmige  
Scheibe bzw. um kreisförmige Scheiben handelt.

30

9. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
wobei es sich bei den Meßsignalen um breitbandige Meßsignale handelt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
wobei die Antennenstruktur (11) und die Ausnehmungen (12) bzw. die  
Schlitzte so miteinander zusammen wirken, daß die Antenne (1) im  
wesentlichen Meßsignale eines ausgewählten Modes aussendet.

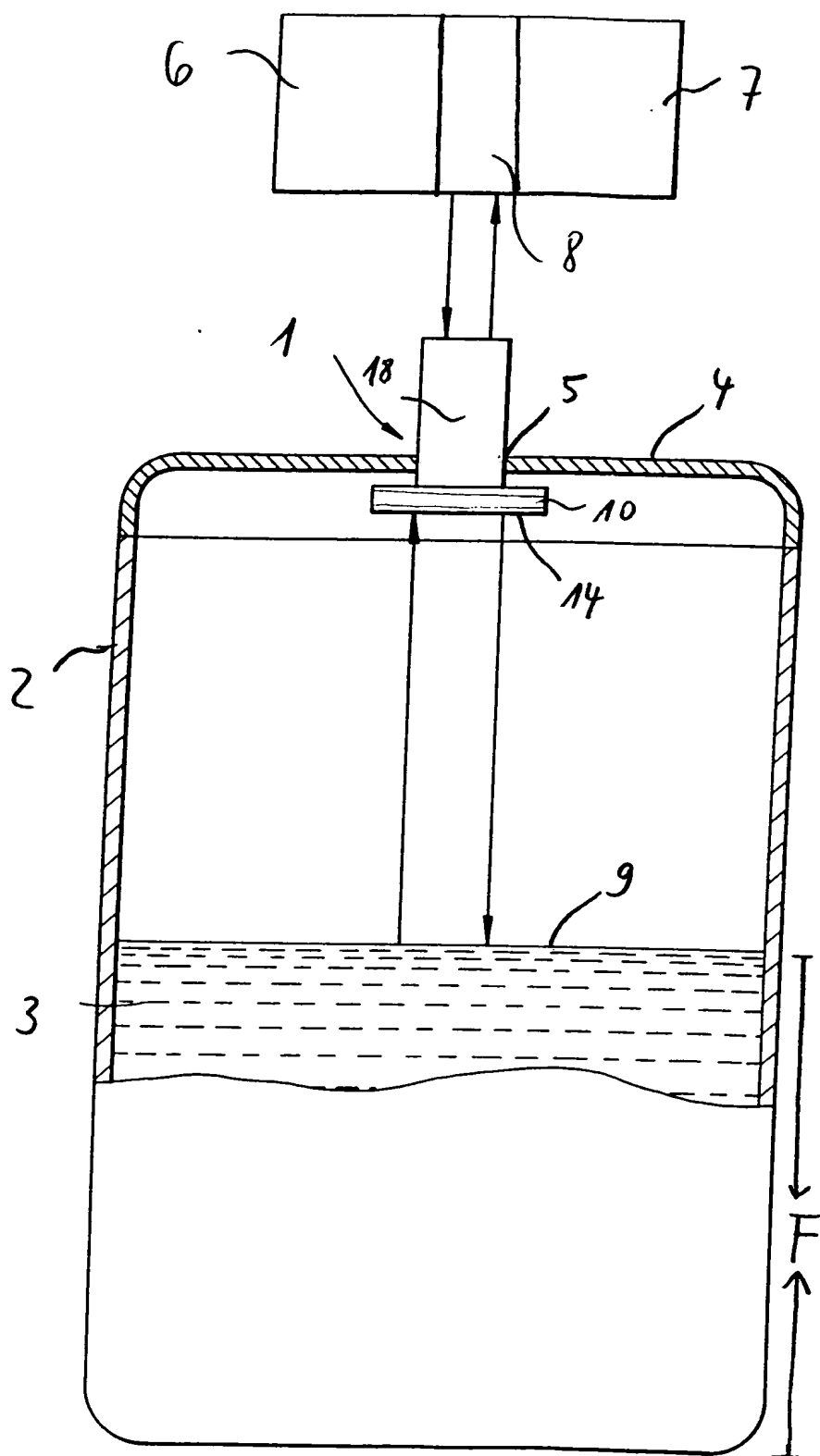


Fig. 1

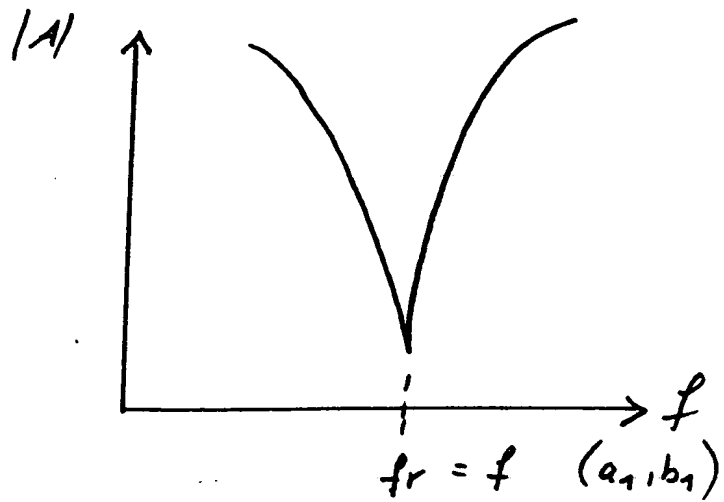


Fig. 2

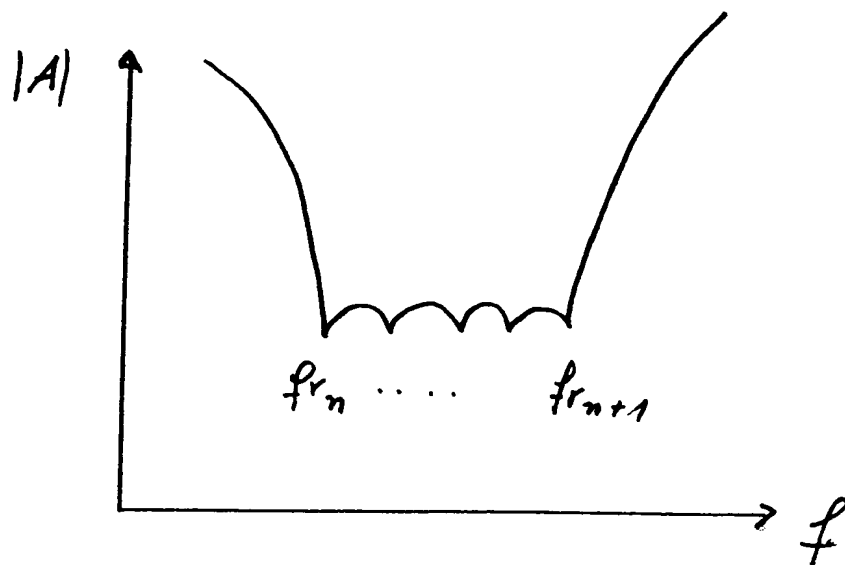


Fig. 6

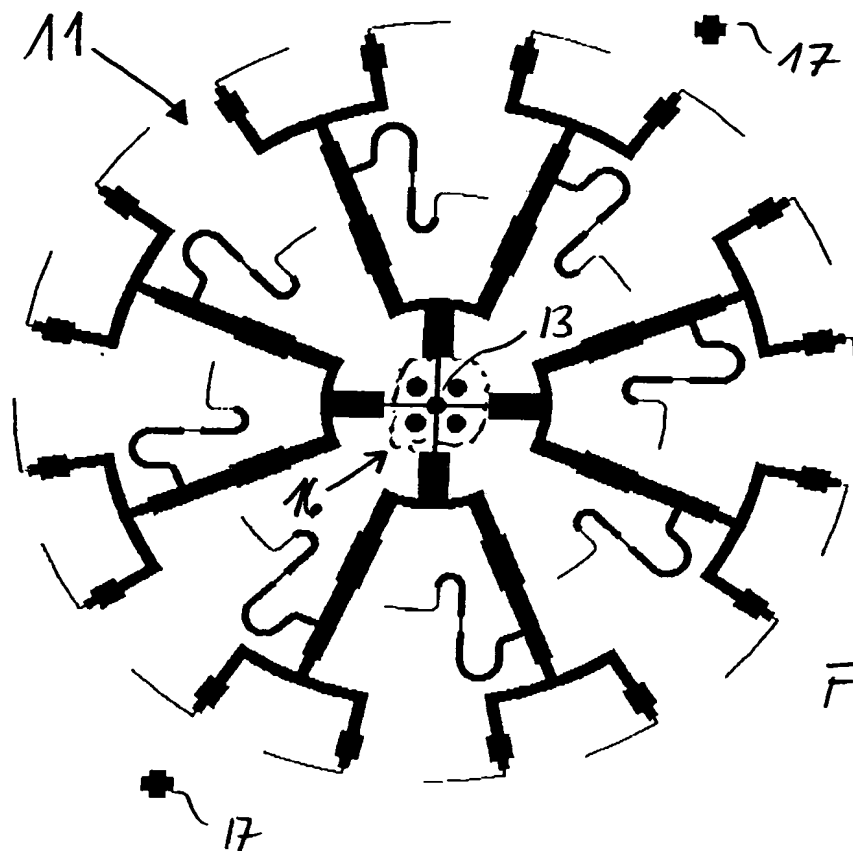


Fig. 3

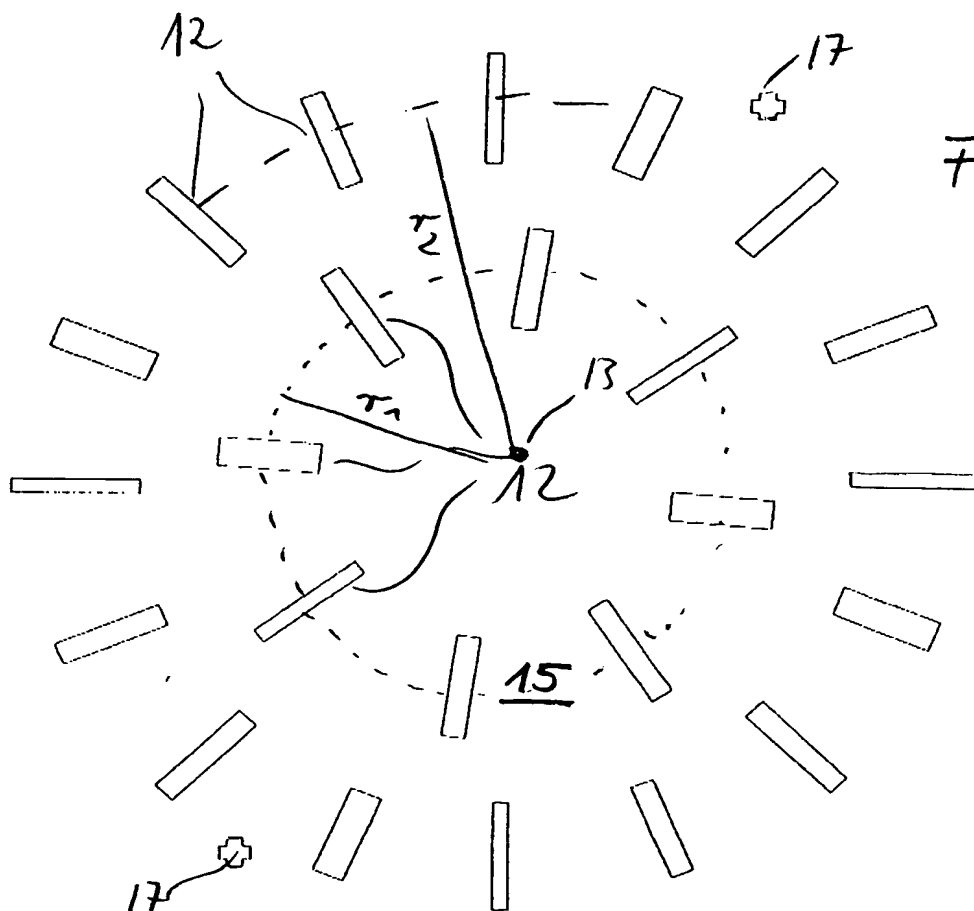
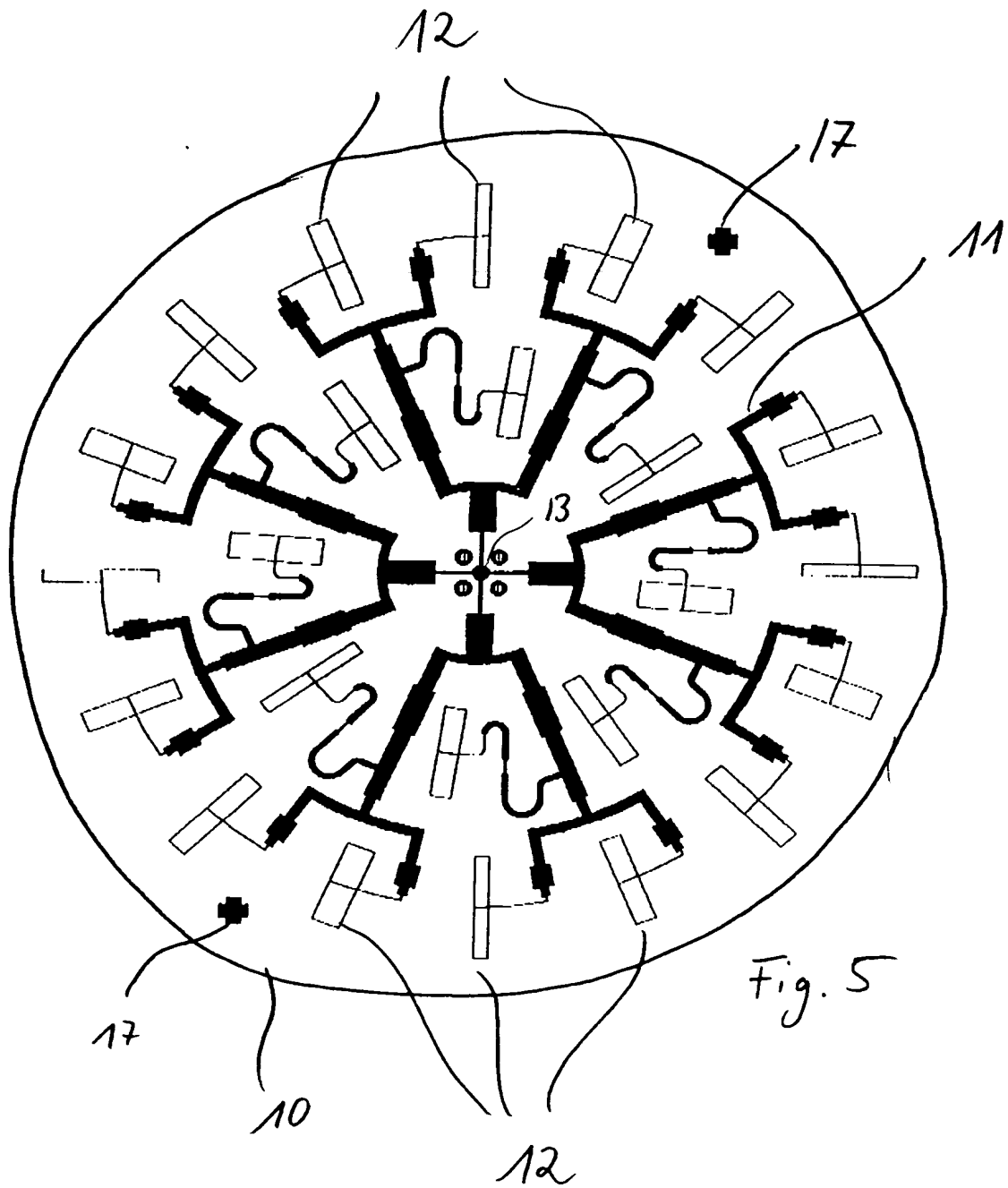


Fig. 4



5

**Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes (F) eines Füllguts (3) in einem Behälter (2) mit einer Signalerzeugungseinheit (6),  
10 die Meßsignale erzeugt, mit einer Einkoppeleinheit (18) und mit einer Antenne (1), wobei die Einkoppeleinheit (18) die Meßsignale auf die Antenne (1) einkoppelt und wobei die Antenne (1) die Meßsignale in Richtung der Oberfläche (9) des Füllguts (3) aussendet, und mit einer Empfangs-/Auswerteschaltung (7), welche die an der Oberfläche (9) des Füllguts (3)  
15 reflektierten Meßsignale empfängt und über die Laufzeit der Meßsignale den Füllstand (F) in dem Behälter (2) bestimmt, wobei die Antenne (1) zumindest eine erste dielektrische Schicht (10) aufweist, wobei die vom Füllgut (3) abgewandte Seite der dielektrischen Schicht (10) eine Speisestruktur (11) trägt und wobei die dem Füllgut (3) zugewandte Seite der dielektrischen  
20 Schicht (10) mehrere Ausnehmungen (12) aufweist, die zumindest teilweise unterschiedliche Dimensionierungen und/oder Formen besitzen.

(Fig. 5)

